

SYNTHESIS OF 1-PHENYL-4-(3', 4'-DIMETHOXY PHENYL)-1-BUTEN-3-ONE FROM EUGENOL

Sintesis 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on dari Eugenol

Candra Y. Tahya^{1,*}, Hanoch J. Sohila¹, Serly. J. Sekewael¹,

¹Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Pattimura University, Kampus Poka, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon 97134

*Corresponding author, e-mail: candra@fmipa.unpatti.ac.id

Received: October 2014 Published: January 2015

ABSTRACT

The synthesis of 1-phenyl-4-(3', 4'-dimethoxy phenyl)-1-buten-3-one from eugenol has been done through four reaction steps. The methylation of eugenol with dimethyl sulphate yields 81.81% of methyl eugenol. Oxymercuration-demercuration of methyl eugenol with mercury acetate yields 67.27% of methyl eugenyl alcohol. Oxidation of methyl eugenyl alcohol with pyridinium chloro chromate (PCC) yields 45.31% of methyl eugenyl ketone. Aldol condensation reaction of methyl eugenyl ketone with benzaldehyde catalyzed by potassium hydroxide yields 7.38% of 1-phenyl-4-(3',4'-dimethoxyphenyl)-1-buten-3-one. The purity of compounds was tested by GC and LC. The elucidation of structure was analyzed by FTIR, GC-MS, LC-ESI-MS, and ¹H-NMR.

Keywords: Eugenol, 1-phenyl-4-(3', 4'-dimethoxy phenyl)-1-buten-3-one.

PENDAHULUAN

Minyak atsiri, atau dikenal juga sebagai minyak eteris (*aetheric oil*), minyak esensial, minyak terbang, serta minyak aromatik, adalah kelompok besar minyak nabati yang berwujud cairan kental pada suhu ruang namun mudah menguap sehingga memberikan aroma yang khas (Guenther, 1990). Minyak yang aromanya khas ini telah diteliti oleh banyak ilmuwan sehingga dalam perkembangan selanjutnya, hasil sintesis senyawa turunan dari komponen minyak atsiri tersebut dapat digunakan untuk berbagai hal antara lain sebagai zat feromon, aditif biodiesel, antioksidan, polimer, aromaterapi, penjerap logam, sun screen block, serta produk-produk industri seperti parfum, pewangi pada makanan, sabun, pasta gigi, kosmetik, dan obat-obatan (Kadarohman, 2010).

Tanaman lawang (*Cinnamomum cullilawan*, Blume) termasuk dalam famili *Lauracea* banyak terdapat di Papua dan Kepulauan Maluku. Pohon lawang tumbuh di hutan dengan ciri-ciri daunnya berlidir dan kayunya berwarna putih rapuh. Tumbuhan ini termasuk dalam kelompok kayu

manis. Kulit lawang mengandung minyak atsiri sebesar 1,49 – 3,60% berat yang diperoleh dari destilasi uap kulit lawang (Kataren, 1985).

Suatu sampel tumbuhan kayu lawang diperoleh dari Pulau Seram, Desa Rambatu, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku, dianalisis dengan metode *water and steam distillation* menghasilkan rendemen minyak (2,12 - 2,31%), berat jenis (1,058 - 1,064), indeks bias (1,502 - 1,534) dan kadar eugenol 66-74% (Harnani, 2010).

Triantoro dan Susanti (2007) mengidentifikasi sejumlah senyawa yang ada pada minyak lawang hasil destilasi kulit lawang yang diambil dari hutan alam Wasior, Kabupaten Wondena, Papua Barat. Senyawa yang teridentifikasi adalah eugenol (66,23%), safrol (9,56%), metileugenol (2,15%), dan sisanya senyawa terpenoid.

Eugenol merupakan zat cair berbentuk minyak, tidak berwarna atau kuning pucat dan berubah warna menjadi coklat jika kontak dengan udara. Larut dalam alkohol dan eter, kurang larut dalam air dan mudah menguap.

Diketahui bahwa eugenol mempunyai gugus hidroksi, metoksi dan allil, sehingga eugenol mempunyai nama IUPAC, 4-allil-2-metoksifenol (Sastrohamidjojo, 2004). Eugenol dapat digunakan untuk mensintesis berbagai senyawa kimia yang memiliki banyak manfaat, di antaranya sintesis senyawa metil eugenol sebagai zat penarik seks lalat buah (Nugroho, dkk., 1999), sintesis senyawa berkhasiat tabir surya (Dwiono, dkk., 2002), sintesis senyawa kurkumin dan analognya (Anand, dkk., 2008; Pudjono, dkk., 2008), sintesis vanillin dan veratraldehid (Sastrohamidjojo, dkk., 2001), sintesis turunan amfetamin untuk obat Parkinson dan anti tumor (Fatimah, dkk., 1999), sintesis senyawa analog L-DOPA (Sohilait, 2004).

Senyawa kurkumin (1,7-bis-(4'-hidroksi-3'-metoksifenil)-1,6-heptadiena-3,5-dion) merupakan senyawa yang manfaatnya di bidang farmasi sangat beragam. Struktur kimia kurkumin terdiri dari tiga farmakofor yaitu gugus dien-dion yang terletak di antara dua gugus aromatis tersubstitusi. Namun struktur kurkumin kurang stabil karena adanya gugus metilen aktif antara farmakofor dien-dion. Untuk itu telah dilakukan berbagai modifikasi yang tujuannya untuk mendapatkan efek farmakologi yang lebih baik. Da'i (2007) juga mensintesis analog kurkumin dengan modifikasi pada gugus aromatikannya menghasilkan aktivitas antiproliferasi terhadap sel kanker payudara. Sintesis 2,5-bis-(4-hidroksi benzilidin) siklopentanon dengan efek antiproliferasi terhadap sel Hela juga dilakukan Pudjono, dkk. (2008).

Senyawa 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on adalah salah satu bentuk senyawa modifikasi kurkumin (analog kurkumin). Struktur kimia senyawa ini memiliki kemiripan dengan senyawa kurkumin yaitu terletak pada gugus kromofor keto-enol dan cincin aromatik tersubstitusi gugus metoksi sehingga memiliki potensi farmakologi khususnya sebagai antioksidan yang cukup menjanjikan.

Senyawa 1-fenil-4-(3', 4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on dapat disintesis dari eugenol melalui empat tahap. Diawali dengan metilasi eugenol dengan dimetil

sulfat menjadi metil eugenol. Dilanjutkan dengan adisi ikatan rangkap metil eugenol menjadi metil eugenil alkohol secara oksimerkurasi- demerkurasi. Kemudian metil eugenil alkohol dioksidasi dengan piridinium kloro kromat menjadi metil eugenil keton. Tahap terakhir yaitu dengan mengkondensasi aldol

METODOLOGI

Bahan

Minyak kulit lawang, Natrium hidroksida, p.a.(E. Merck), Natrium boron hidrida, p.a.(E. Merck), Asam klorida, p.a.(E. Merck), Merkuri asetat, p.a. (E. Merck), Tetra hidro furan (THF), p.a. (E. Merck), Kromium (VI) oksida p.a. (E. Merck), Piridin, p.a (E. Merck), Kalium disulfat, p.a (E. Merck), Kalium karbonat, p.a (E. Merck), Natrium sulfat anhidrous, p.a.(E. Merck), Dimetil sulfat, p.a.(E. Merck), Natrium klorida, p.a.(E. Merck), Benzaldehid, p.a (E. Merck), Kalium hidroksida, p.a (E. Merck), Etanol, p.a.(E. Merck), Metanol. p.a (E. Merck), Diklorometan, p.a. (E. Merck), Dietil eter, p.a.(E. Merck), Silika gel biru, Kertas saring Whatman No. 42, Kertas indikator universal.

Alat

Seperangkat alat destilasi fraksinasi pengurangan tekanan, Seperangkat alat refluks, Seperangkat alat gelas, Pengaduk magnet, Spatula, Lemari asam, Pemanas listrik Cimarec 20D⁺, Timbangan analitik Denver Instrument XP-3000, Rotavapor R-215, Buchi, Termometer, Philips, Kromatografi Gas-2010, Shimadzu, Kromatografi Gas-Spektrofotometer Massa QP-2010 plus, Shimadzu, Spektrofotometer FTIR Prestige 21, Shimadzu, Spektrofotometer ¹H-NMR JNM-ECA 500, JEOL, Kromatografi Cair-Spektrofotometer Massa (LC-ESI-MS) C6200, Hithachi.

Prosedur Kerja Pemurnian Eugenol

Sebanyak 500 g residu minyak kulit lawang (minyak lawang yang telah diambil hampir semua safrolnya pada eksperimen sebelumnya) dimasukkan ke dalam erlenmeyer ukuran 1000 mL dan ditambahkan 4,00 g NaOH dan 30 mL

air suling. Saat terbentuk dua lapisan, maka lapisan bawah diambil kemudian ditambahkan larutan HCl 1 M hingga pH 3 untuk memperoleh eugenol kembali. Kemudian dicuci dengan air suling, dan dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrous. Proses dilanjutkan dengan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan pada $103^\circ\text{C}/1,2$ mmHg untuk diperoleh eugenol yang murni. Hasilnya dianalisis dengan GC, FTIR, dan MS.

Pembuatan Metil Eugenol

Ke dalam labu leher tiga ukuran 500 mL yang telah dilengkapi dengan termometer, pengaduk magnet, pendingin bola, dan corong penetes dimasukkan 40,26 g padatan NaOH dan 100 mL air suling. Setelah semua padatan NaOH larut dan suhu larutan mencapai suhu kamar, tambahkan eugenol 155,50 g melalui corong penetes lalu dibiarkan teraduk 30 menit. Setelah itu, dimetil sulfat sebanyak 120 mL diteteskan melalui corong penetes sambil tetap diaduk, kemudian dipanaskan hingga suhu 103°C selama 2 jam dan didinginkan. Terbentuk dua lapisan yaitu lapisan organik di atas dan lapisan air di bawah. Lapisan bawah diekstrak tiga kali dengan 150 mL diklorometana. Hasil ekstraksi lapisan atasnya digabungkan dengan lapisan organik. Kemudian semua lapisan organik itu diekstrak tiga kali dengan 150 mL larutan NaOH 15%. Lalu dicuci dengan air suling hingga pH 7, dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrous dan disaring dengan kertas saring. Diklorometana diuapkan dengan rotavapor Buchi, dan residu dimurnikan dengan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan dan analisis hasil dilakukan menggunakan GC, FTIR dan MS.

Pembuatan Metil Eugenil Alkohol

Ke dalam labu leher tiga ukuran 500 mL yang telah dilengkapi dengan termometer, pengaduk magnet, pendingin bola dan corong penetes, dimasukkan 31,90 g (0,10 mol) $\text{Hg}(\text{OAc})_2$ 100 mL air dan diaduk hingga larut, kemudian tambahkan 100 mL THF dan diaduk selama 15 menit. Melalui corong penetes dimasukkan 17,8 g (0,10 mol) metil eugenol tetes demi tetes pada suhu 25°C dan pengadukan dilanjutkan selama 120 menit dan dibiarkan semalam. Selanjutnya ditambahkan 100 mL NaOH 3M, diikuti dengan larutan 100 mL NaBH_4 1,90 g (0,05 mol) dalam NaOH 3M tetes

demi tetes pada suhu 25°C . Campuran direfluks pada suhu kamar selama 3 jam dan dimasukkan dalam corong pisah dan dibiarkan semalam. Merkuri dipisahkan dari lapisan air dan lapisan organik. Lapisan air ditambahkan larutan NaCl jenuh dan diekstraksi dua kali dengan 50 mL dietil eter. Lapisan dietil eter dipisahkan dan kedua lapisan organik digabung. Sebanyak 50 mL dietil eter ditambahkan dan dicuci dengan air hingga netral. Hasilnya dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrous dan dietil eter dipisahkan dengan rotavapor Buchi. Pemurnian dilakukan dengan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan dan produk dianalisis dengan GC, FTIR, dan MS.

Pembuatan Piridinium Kloro Kromat

Ke dalam labu leher tiga ukuran 500 mL yang telah dilengkapi dengan pendingin bola, termometer, pengaduk magnet dimasukkan sebanyak 92 mL HCl 6 M dan tambahkan sebanyak 50 gram kromium (VI) oksida (CrO_3) sedikit demi sedikit, lalu tambahkan 40 mL piridin tetes demi tetes sambil diaduk dan dijaga suhunya pada 0°C . Kemudian setelah 30 menit pengadukkan, hasilnya diangkat dan disaring dengan penyaring Buchner dan diperoleh padatan piridinium kloro kromat berwarna kuning jingga. Selanjutnya padatan dikeringkan dalam desikator selama satu minggu.

Pembuatan Metil Eugenil Keton

Ke dalam labu leher tiga ukuran 500 mL yang telah dilengkapi dengan pendingin bola, termometer, pengaduk magnet, dan tabung berisi silika gel biru dimasukkan 21,60 g (0,1 mol) PCC dalam 150 mL diklorometana dan ditambahkan 10,35 g (0,05 mol) metil eugenil alkohol dalam 25 mL diklorometana. Campuran direfluks pada suhu 40°C selama 90 menit hingga terbentuk pasta hitam dan kemudian didekantasi. Residu pasta hitam diekstraksi tiga kali dengan 100 mL dietil eter dan filtrat digabungkan dan dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrous dan disaring. Pelarut diklorometana dipisahkan dengan rotavapor Buchi. Hasil yang diperoleh ditambahkan 25 mL dietil eter dan 30 g kalium disulfat dalam 80 mL air dan diaduk selama 2 jam. Endapan yang terbentuk disaring dan dicuci dengan 25 mL etanol dan 25 mL dietil eter lalu dikeringkan. Endapan keton bisulfat

diuraikan menggunakan 60 mL kalium karbonat 10% dengan diaduk selama 2 jam. Selanjutnya ditambahkan 25 mL air dan diekstraksi dua kali dengan 50 mL diklorometana. Kemudian dicuci dengan air hingga netral, dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrous, dan pelarut dievaporasi. Analisis hasil dilakukan dengan GC, FTIR dan MS.

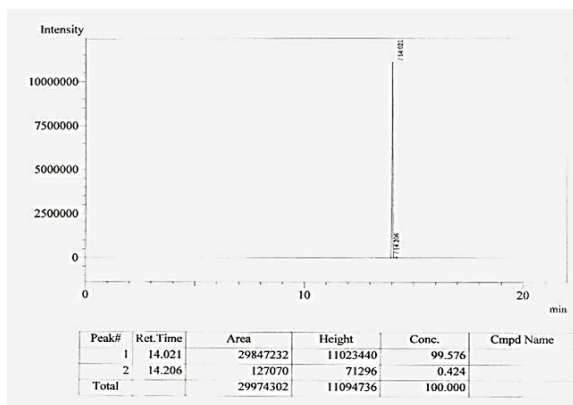
Pembuatan 1-Fenil-4-(3',4'-Dimetoksi Fenil)-1-Buten-3-on

Ke dalam labu leher tiga ukuran 100 mL, dimasukkan 10 mL etanol absolut diikuti penambahan 1,21 g (0.00625 mol) metil eugenil keton dan 1,32 g (0,0125 mol) benzaldehid kemudian diaduk selama 5 menit pada suhu 25 °C. Ditambahkan 5 mL larutan KOH 10% tetes demi tetes dan tetap diaduk selama 120 menit. Larutan disaring dan padatan yang diperoleh direkristalisasi dengan pelarut metanol, kemudian disaring dan dicuci dengan metanol dingin lalu dibiarkan mengering pada suhu ruang. Kemurnian dianalisis dengan LC, dan elusidasi struktur dengan FTIR, ESI-MS, dan ^1H -NMR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Eugenol

Eugenol diperoleh dari minyak kulit lawang dan dimurnikan dengan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Hasil destilasi dianalisis dengan kromatografi gas menunjukkan eugenol ($t_R = 14,21$ menit) kemurniannya 99,58% (Gambar 1)



Gambar 1. Kromatogram eugenol hasil destilasi

Hasil analisis eugenol dengan FTIR seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data spektrum FTIR eugenol

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Keterangan
3503,75 – 3528,83	-O-H
2842,18 – 2976,21	-C _{sp3} -H
1607,70 – 1637,59	-C=C- (aromatik)
1034,83	C-O (eter)

Analisis GC-MS eugenol m/z : 39, 55, 65, 77, 91, 103, 121, 131, 149, dan 164 [$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2^+$] sebagai puncak dasar.

Sintesis Metil Eugenol

Metil eugenol dimurnikan dengan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan kemudian diperoleh dua fraksi. Fraksi II hasil destilasi fraksinasi pengurangan tekanan dianalisis kemurniannya dengan kromatografi gas dan diperoleh metil eugenol dengan waktu retensi 14,23 menit kemurniannya 97,92%. Rendemen hasil metil eugenol adalah 81,81%.

Hasil analisis metil eugenol dengan FTIR seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data spektrum FTIR metil eugenol

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Keterangan
2834,44 – 2976,21	-C _{sp3} -H
3076,51	=C _{sp2} -H (alkena)
1591,30 – 1638,56	-C=C (aromatik)
1030,01	-C-O (eter)

Spektrum massa metil eugenol m/z : 41, 51, 65, 77, 91, 107, 115, 135, 147, 163, dan 178 [$\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_3^+$] (puncak dasar).

Sintesis Metil Eugenil Alkohol

Reaksi oksimerkurasi-demerkurasi metil eugenol menghasilkan metil eugenil alkohol sebesar 14,18 g untuk selanjutnya dianalisis dengan kromatografi gas. Hasil kromatogram menunjukkan kemurnian metil eugenil alkohol adalah 92,98%. Rendemen hasil metil eugenil alkohol adalah 67,27%.

Hasil analisis metil eugenil alkohol dengan FTIR seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Data spektrum FTIR metil eugenil alkohol

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Keterangan
3429,49 – 3494,11	-OH
2836,37 – 2961,76	-C _{sp3} -H
1607,70 – 1634,70	-C=C (aromatik)
1080,16	-C-O (alkohol)
1031,93	-C-O (eter)

Spektrum massa senyawa metil eugenil alkohol (m/z): 45, 65, 77, 91, 107, 121, 137, 151 (puncak dasar), dan 196 [C₁₁H₁₆O₃⁺].

Sintesis Metil Eugenil Keton

Tahapan oksidasi dilakukan terhadap metil eugenil alkohol memberikan hasil metil eugenil keton sebanyak 4,87 g dengan kemurnian sesuai kromatogram GC adalah 95,24 %. Rendemen hasil metil eugenil keton adalah 45,31 %.

Hasil analisis metil eugenil keton dengan FTIR seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Data spektrum FTIR metil eugenil keton

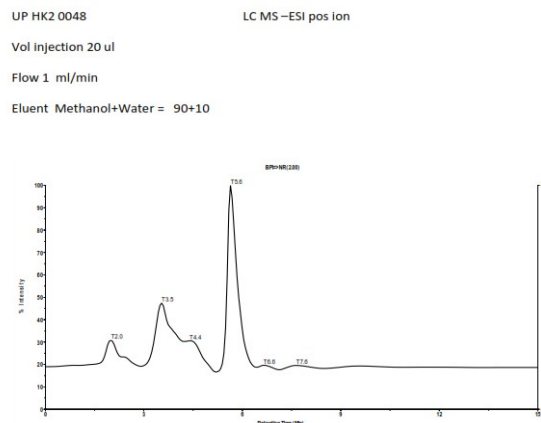
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Keterangan
3400 - 3600	-O-H dari air bebas
2836,37-2954,03	-C _{sp3} -H
1682,92 – 1718,60	-C=O (keton)
1591,30 – 1606,56	-C=C(aromatik)
1026,08	-C-O (eter)

Spektrum massa metil eugenil keton m/z : 43, 65, 77, 91, 107, 135, 151 (puncak dasar), dan 194 [C₁₁H₁₄O₃⁺].

Hasil Reaksi Kondensasi Aldol

Hasil reaksi kondensasi aldol antara metil eugenil keton dan benzaldehid dengan katalis KOH diperoleh padatan kuning seberat 0,27 g. Padatan ini dianalisis kemurniannya dengan menggunakan kromatografi cair, hasil

kromatogramnya (Gambar 2) dan persentasi kemurnian seperti pada Tabel 4.



Gambar 2. Kromatogram hasil kondensasi aldol

Tabel 2. Persentasi kemurnian senyawa-senyawa hasil kondensasi aldol

Waktu (Menit)	Tinggi	Area	%
1.99	79	293.16	9,2
3.54	121	868.44	27,4
4.39	78	371.69	11,7
5.64	256	1520.65	47,9
6.64	50	34.75	1,1
7.64	50	65.01	2,1

Hasil analisis FTIR padatan kuning seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Data spektrum FTIR padatan kuning hasil reaksi kondensasi aldol

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Keterangan
2834,44	-C _{sp3} -H
3027,33	=C _{sp2} -H (alkena)
1709,62	-C=O (keton)
1590,34 – 1664,6	-C=C (aromatik)
1028,08	-C-O (eter)

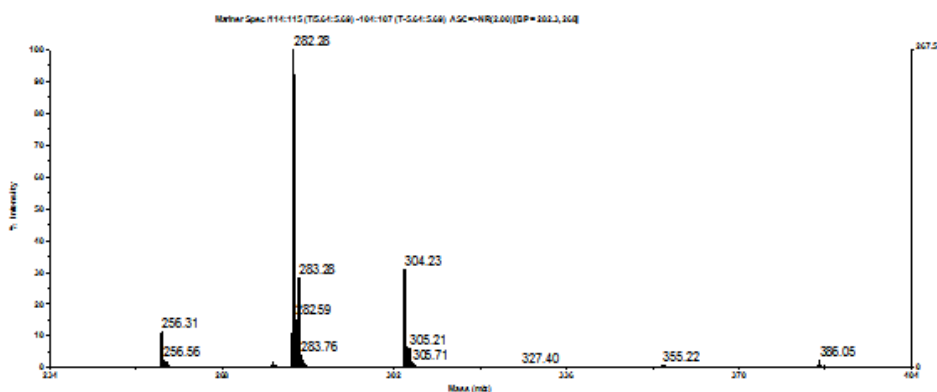
Senyawa 1-fenil-4-(3', 4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on dapat disintesis dengan

mereaksikan senyawa metil eugenil keton dengan benzaldehid pada perbandingan mol 1:2 menggunakan katalis kalium hidroksida 10 %. Reaksi ini adalah reaksi kondensasi adol. Reaksi dilakukan pada suhu ruang selama 2 jam pengadukan. Hasilnya berupa padatan berwarna kuning.

Padatan kuning tersebut kemudian dianalisis kemurniannya dengan kromatografi cair ternyata didapatkan bahwa terdapat enam komponen, tetapi 1-fenil-4-(3', 4'-dimetoksi fenil)-1-buten-

3-on (tR = 5,6 menit) merupakan senyawa dengan persentasi kemurnian terbesar dalam padatan kuning tersebut yaitu 47,90 %.

Data spektrum ESI-MS ion positif terhadap senyawa 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on menunjukkan fragmen ion positif $(M+H)^+$ $m/z = 283,28$ dan fragmen ion M^+ ($m/z = 282,28$) (Gambar 3) yang sesuai dengan berat molekuler senyawa 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on yaitu 282 g/mol.



Gambar 3. Spektrum ESI-MS 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan, senyawa 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on telah berhasil disintesis dari eugenol melalui empat tahap reaksi. Metilasi eugenol menghasilkan metil eugenol 81,81%, oksimerkurasi-demerkurasi metil eugenol menghasilkan metil eugenil alkohol 67,27%, oksidasi metil eugenil alkohol menghasilkan metil eugenil keton 45,31% dan kondensasi aldol metil eugenil keton dan benzaldehid menghasilkan rendemen 1-fenil-4-(3',4'-dimetoksi fenil)-1-buten-3-on sebesar 7,38%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, P., Thomas, S.g., Kunnumakkara, A. B., Sundaran, C., Harikumar, K. B., Sung, B., Tharakan, S. T., Misra, K., Priyadarsini, I. K., Rajasekharan, K. N. dan Aggarwal, B. B. 2008. Biological Activities Of Curcumin And Its Analogue Made By Man and Mother Nature. *Biochem. Pharm.* Vol. 76, 1590-1611.
- Da'i, M, 2007, Mekanisme Molekuler Aktivitas Analog Kurkumin Pentagamavunon Terhadap Sel Kanker Payudara (T47D), *Disertasi*, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada.Yogyakarta.
- Dwiono, A., Subarni, T., Yulistuti, I., dan Susanti, D. 2002. Pembuatan Senyawa Berkhasiat Tabir Surya 3,4 Dimetoksi Heksil Sinamant dari Bahan Dasar Minyak Cengkeh. *Bul. Pen. Mhs. UGM*, Vol. 10. No. 01.
- Fatimah., Sulystiowati, D., Retno., Sastrohamidjodjo., dan Hardjono. 1999. Sintesis 1-(3,4-Dimetoksifenil)-2-Amino Propana Sebagai Derivate Amfetamin dari Eugenol. *Tesis*, parca sarjana UGM. Yogyakarta.
- Guenther, E. 1990. *The Essential Oil*, Vol. 2, 224-226, D.van Nostrand Company, Inc.
- Harnani, E. D. 2010. *Perbandingan Kadar Eugenol Minyak Atsiri Bunga Cengkeh (Syzygium Aromaticum (L.) Meer. & Perry) dari Maluku, Sumatera, Sulawesi, dan Jawa dengan Metode GC-MS. Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kadarohman, A. 2010. Minyak Atsiri sebagai *Teaching Material* dalam Proses Pembelajaran Kimia. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc>. September 2011.
- Kataren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Balai Pustaka. Jakarta.
- Nugroho, M. Y., Leny, Y., dan Nurhafni, S. 1999. Penerapan Metoda Baru Sintesis Metil Eugenol

- sebagai Senyawa Penarik Seks Lalat Buah. *Bul. Pen. Mhs. UGM*. Vol. 10. No. 02.
- Pudjono., Sismindari., dan Widada, H. 2008. Sintesis 2,5-bis-(4'-Hidroksi benzilidin) Siklopentanon dan 2,5-bis-(4'-klorobenzilidin) Siklopentanon serta Uji Anti Proliferasinya terhadap sel hela. *J. Pharm. Ind.* Vol. 19(1), 48-55.
- Sastrohamidjojo, H. 2001. *Spektroskopi*. Liberty. Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2004. *Kimia Minyak Atsiri*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sohilait, H. J. 2004. Sintesis 1-(3,4 Metilendioksi)-2-Propanon dari Safrol dan Sintesis Analog L-DOPA dari Eugenol, *Disertasi*, UGM, Yogyakarta.
- Triantoro, R. G. N., dan Susanti, C. M. E., 2007. The Chemical Content of Kulilawang (*Cinnamomum culilawane* Bl.) and Masoi (*Cryptocaria massoia*) Wood. *J. Ilmu & Tek. Kayu Tropis* Vol. 5. No. 2.